Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 171-186 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.84166

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۸۶-۱۷۱، نوع مقاله: پژوهشی

بررسی روابط بین برخی صفات زراعی مرتبط با عملکرد نخود زراعی (*Cicer arietinum*) تحت تنش بیماری برق‌زدگی

محدثه رحمت‌پور[1]، فاختک طلیعی[2*]، حسین صبوری[3] و معصومه خیرگو[4]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، گروه تولیدات گیاهی،دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس؛
mehregan2727@gmail.com
۲. استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس
۳. دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس؛ hos.sabouri@gmail.com
۴. پژوهشگر بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ mkheirgoo@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۴

چکیده

بیماری برق‌زدگی نخود که به وسیله قارچ *Ascochyta rabiei* ایجاد می‌شود، یکی از مهم‌ترین بیمارهای نخود است که کشت و تولید آن را در بیشتر مناطق دنیا و از جمله ایران محدود می‌کند. بنابراین شناسایی منابع ژنتیکی مقاومت در ژرم‌پلاسم نخود در برابر عامل بیماری، برای طراحی برنامه‌های اصلاحی بسیار ضروری است. به‌منظور ارزیابی مقاومت به بیماری برق زدگی در نخود، آزمایشی با ۷۷ ژنوتیپ پیشرفته نخود دریافتی از ایکاردا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبدکاووس انجام شد و صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد دانه و میزان سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری یادداشت‌برداری شدند. نتایج نشان داد بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($p<0/01$) وجود داشت. بیشترین همبستگی با بیماری برق‌زدگی، مربوط به ارتفاع بوته بود (۰/۵۰۶- و $p<0/01$). مطابق با نتایج رگرسیون مرحله‌ای، ارتفاع بوته بیشترین اثر را روی عملکرد دانه داشت. نتایج تجزیه علیت نشان داد که صفت ارتفاع بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت (۰/۳۵۷) و بیشترین اثر غیرمستقیم مربوط به بیماری برق‌زدگی از طریق ارتفاع بوته بود (۰/۱۵۱-). بنابراین می‌توان از ارتفاع بوته به‌عنوان صفت برتر در برنامه‌های انتخاب غیرمستقیم بهره برد. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس سطح زیر منحنی گسترش بیماری برق‌زدگی ژنوتیپ‌ها را به سه گروه متحمل (۳۷ ژنوتیپ)، گروه حساس (۱۵ ژنوتیپ) و گروه مقاوم (۲۵ژنوتیپ)، تقسیم شد. به طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های مقاوم در برنامه‌های اصلاحی برای توسعه ارقام مقاوم نخود به بیماری و مدیریت این بیماری قابل بهره‌برداری می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: برق‌زدگی، عملکرد، مقاومت نخود، *Ascochyta rabiei*

مقدمه

حبوبات در بیشتر مناطق خشک، به‌طور وسیعی کشت می‌شوند (Goldani & Rezvani moghadam, 2004). نخود (*Cicer arietinum* L.) بعد از لوبیای معمولی و سویا سومین حبوب دآن‌های مهم در سطح جهان است (Namvar & Sharifi, 2011) و به لحاظ تولید در جنوب آسیا رتبهٔ اول را در بین حبوبات دارد (Gaur *et al.*, 2010). در ایران نخود زراعی به‌جز سواحل دریای خزر که به مقدار کمی کاشته می‌شود، در اغلب نقاط کشور کشت می‌گردد (Kaiser & Okhovat 1996). در دنیا تلاش‌هایی برای فائق‌آمدن بر عوامل محدودکننده تولید اعم از تنش‌های غیرزنده (گرما، خشکسالی و شوری) و تنش‌های زنده (پژمردگی فوزاریومی، برق‌زدگی) در نخود است انجام شده است (Varshney *et al.*, 2013).

از بین تنش‌های زیستی که محصول نخود را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بیماری برق‌زدگی که توسط قارچ *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr. ایجاد می‌شود، مخرب‌ترین بیماری نخود در سطح جهان است (Pande *et al.*, 2005). این بیماری در مناطق مرطوب یا در سال‌های دارای بهار پُرباران، گاهی تا صددرصد محصول را نابود می‌کند، به طوری‌که زارعین مجبور به کشت مجدد می‌شوند. میزان خسارت در کشت‌های پاییزه بیشتر از کشت‌های بهاره می‌باشد (Kaser 1997; Pande *et al.*, 2005). شرایط محیطی و زمینه‌ی ژنتیکی،

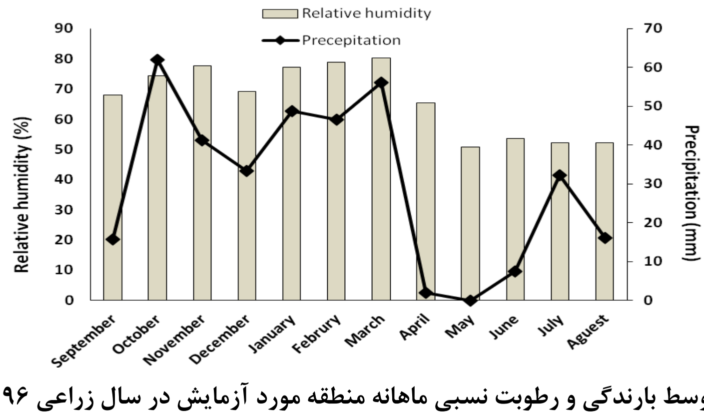
* نویسنده مسئول: taliey.fa@gmail.com

برای جمعیت عامل بیماری‌زا و نیز گیاه نخود در یک منطقۀ خاص، دو عامل مهم در توسعۀ اپیدمی هستند (Peever *et al*., 2004; Chen *et al*., 2004). استفاده از روش‌های مرسوم مانند ضدعفونی بذر، تعیین تاریخ کاشت مناسب، تناوب زراعی و استفاده از قارچ‌کش‌ها برای مدیریت این بیماری، با وجود موفقیت نسبی، به‌طور کامل قادر به کنترل بیماری نبوده و معمولاً غیراقتصادی هستند (Lobna ben *et al*., 2010; Kiersten *et al*., 2011). در این بین به‌کارگیری ارقام مقاوم به‌عنوان یک راه عملی و اقتصادی بیشتر مورد توجه بوده است (Checa *et al*., 2006). عوامل بیماری‌زای گیاهی به‌طور مداوم در حال تغییر می‌باشند و به همین دلیل بر مقاومت گیاه میزبان فائق می‌آیند، بنابراین توسعه مداوم ارقام مقاوم توسط اصلاح‌گران گیاهی امری ضروری خواهد بود. همچنین با توجه به تفاوت جمعیت و نژادهای این پاتوژن در مناطق مختلف، تحقیق در زمینۀ یافتن منابع مقاومت به آن در هر منطقه امری ضروری است (Collard & Mackill 2007). در عین حال، بسیاری از ارقام کشت‌شده در حال حاضر با صفات زراعی مطلوب، به علت ظهور پاتوتیپ‌ها یا نژادهای جدید در معرض خطر بیماری قرار دارند (Jamil *et al*., 2010).

برنامه اصلی مدیریت بیماری برق‌زدگی، بر غربال‌گری ژنوتیپ‌های نخود برای گزینش منابع مقاومت استوار است. تاکنون بیش از ۲۵۰۰۰ رقم نخود برای مقاومت به این بیماری، در ایکاردا غربال‌گری شده‌اند و ۱۵۸۴ رقم نخود با درجات مختلف مقاومت معرفی شده‌اند (Pande *et al*., 2005). همچنین مطالعات متعددی برای غربال‌گری ژرم‌پلاسم نخود برای گزینش مقاومت انجام شده است (Pande *et al*., 2011 Bokhari *et al*., 2011; Kimurto *et al*., 2013; Ahmad *et al*., 2013; Pande *et al*., 2013; Salimi *et al*., 2017; Vafaie *et al*., 2017). اما ناپایداری مقاومت، مشکل اصلی کاربرد ارقام مقاوم است و سطح مقاومت در ارقام مقاوم معرفی شده کامل نمی‌باشد (Labdi *et al*., 2013). به علاوه با توجه به تکامل نژادهای جدید بیمارگر، ضرورت غربالگری پیوسته برای معرفی نمونه‌های مقاوم احساس می‌شود (Vafaie *et al*., 2017). در عین حال با توجه به گسترش روزافزون سطح زیرکشت و تولید محصولات کشاورزی، بررسی و ارزیابی صفات مورفولوژیک و فنولوژیک ژنوتیپ‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با صفات مطلوب امری ضروری خواهد بود. تحقیقات نشان داده است که صفات مطلوب زراعی سهم عمده‌ای در عملکرد دانه در نخود دارند و می‌توانند موفقیت مطالعات به‌نژادی را افزایش دهند (Yucel *et al*., 2006; Fazeli & Cheghamirza 2011; Salimi *et al*., 2017). این پژوهش با هدف تعیین روابط میان عملکرد دانه و برخی صفات زراعی در ۷۷ ژنوتیپ نخود دریافتی از ایکاردا و ارزیابی واکنش آن‌ها در برابر بیماری برق‌زدگی نخود در شرایط مزرعه دیم صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان گنبدکاووس (با مشخصات جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶دقیقه عرض شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۴۵ متر) انجام شد. اطلاعات متوسط ماهانه بارندگی و رطوبت نسبی در شکل ۱ و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- متوسط بارندگی و رطوبت نسبی ماهانه منطقه مورد آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵

Fig. 1. Mean monthly precipitation and relative humidity in cropping year of 2016-17

جدول ۱ -نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در سال ۱۳۹۶

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental location

بافت Soil texture	عمق Depth	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم k	فسفر P	بُر B	نیتروژن N	کربن آلی Organic carbon	کربنات کلسیم CaCo3	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته خاک pH
	cm	(mg.kg-1)					(%)			(dS.m-1)	(1:5)
Silty loam	0-30	0.6	2.6	350	9	2	0.15	1.46	20	0.73	7.9

در این آزمایش، ۷۷ ژنوتیپ نخود (جدول ۲) دریافتی از مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا[1]) مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. هر تیمار شامل یک خط یک‌متری بود و ابتدا و انتهای هر بلوک و در فاصلۀ هر پنج تیمار، رقم بیونیج (حساس به بیماری) کاشته شد. برای ایجاد آلودگی مصنوعی از بقایای نخود آلوده‌شده سال قبل و پخش آن‌ها به‌صورت دستی بین ردیف‌ها استفاده گردید. در طول فصل رشد از درصد سبز، روز تا ۵۰ درصد گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک یاداشت‌برداری به عمل آمد. همچنین ارتفاع بوته، وزن۱۰۰دانه، ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین، تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف‌های نابارور در بوته، تعداد غلاف‌های تک‌بذری در بوته، تعداد غلاف‌های دوبذری در بوته و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند.

علایم بیماری مشاهده‌شده، ۹بار به صورت هفتگی با استفاده از مقیاس نمره‌ای (Singh & Reddy 1993) به‌شرح زیر ارزیابی شد: ۱: بدون هیچ‌گونه علایم روی گیاه (بسیار مقاوم)؛ ۳: علایم کم و پراکنده روی برگ‌ها و ساقه‌ها، به‌طوری‌که با بررسی دقیق بتوان علایم بیماری را دید (مقاوم)؛ ۵: زخم‌های مشخص بیماری روی برگ‌ها، ساقه‌ها و غلاف‌ها به‌سادگی قابل مشاهده بوده و تعداد کمی از ساقه‌ها (۱۰ تا ۳۰درصد) شکسته‌اند (نیمه‌مقاوم)؛ ۷: علایم و لکه‌ها روی برگ‌ها، ساقه‌ها و غلاف‌ها خیلی مشخص و منجر به خسارت شده‌اند (بیش از ۵۰ درصد ساقه‌ها شکسته‌اند)، (حساس)؛ ۹: علایم و لکه‌های بیماری، بزرگ هستند، به‌طوری‌که باعث ازبین رفتن تعداد زیادی از بوته ها شده است (حساسیت بالا). برای مقایسه ژنوتیپ‌ها از سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری[2] استفاده شد که با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید که در آن X_i درجه شدت بیماری در i امین ارزیابی، X_{i+1} درجه شدت بیماری در i+1 امین ارزیابی و (t_{i+1}- t_i) تعداد روزهای بین دو ارزیابی می‌باشند (Elliott *et al*., 2013):

رابطه ۱:
$$AUDPC = \sum_{i}^{i+1}[(X_i + X_{i+1})/2](t_{i+1} - t_i)$$

مقایسه میانگین به روش (HSD) و آزمون همبستگی و تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی، تجزیۀ کلاستر بر اساس صفات فنوتیپی به روش WARD و بر اساس بیماری به روش UPGMA انجام شد. برای محاسبات آماری، تجزیه رگرسیون مرحله‌ای و تجزیه علیت از نرم‌افزارهای SPSS 22.0 استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها

نتایج نشان داد که ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر مقاومت به بیماری و سایر صفات زراعی مورد مطالعه داشت (جدول ۳). این مسئله دلیل بر وجود تنوع ژنتیکی قابل‌توجه بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود. وجود تفاوت گسترده بین جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر صفات روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع گیاه و مقاومت به برق‌زدگی (Daba *et al*., 2016) و عملکرد دانه، ارتفاع بوته، وزن۱۰۰دانه، شمار غلاف پوک، شمار شاخۀ اصلی و روز تا رسیدگی (Salimi *et al*., 2017) مشاهده شده است.

مقایسه میانگین ۱۰ ژنوتیپ باارزش بالاتر و پایین‌تر در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان داد که متوسط روز تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک به ترتیب برابر ۱۲۳/۰۴ و ۱۵۵/۷ روز بود و بیشترین مقدار این دو صفت در ژنوتیپ شماره ۲۷ (۱۳۱/۳۳ و ۱۶۲ روز) مشاهده شد. همچنین این ژنوتیپ به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ در برابر برق‌زدگی بر اساس سطح زیر منحنی گسترش بیماری (۴۰۴۴/۴) معرفی شد. متوسط ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های مورد بررسی ۶۴/۴سانتی‌متر بود که ۱۷/۴ درصد کمتر از بیشترین مقدار آن (۷۸ سانتی‌متر در ژنوتیپ شماره ۷۳) بود. ژنوتیپ ۲۹ برای صفات ارتفاع بوته و فاصله اولین غلاف از سطح زمین کمترین مقادیر و برای تعداد غلاف تک‌بذری در بوته بیشترین مقدار (۴۰ عدد) را داشت. همچنین متوسط شمار غلاف‌های تک‌بذری و دوبذری به ترتیب برابر ۲۱/۶ و ۴/۹ عدد بود. ژنوتیپ ۷ بیشترین و ژنوتیپ‌های ۷۴ و ۲۷ کمترین تعداد غلاف دوبذری را داشتند.

---
۱. ICARDA

۲. Area Under Disease Progress Curve (AUDPC)

جدول ۲- مشخصات ژنوتیپ‌های مورد بررسی نخود

Table 2. Characteristics of studied chickpea genotypes

Entry شماره*	Name نام	Entry شماره	Name نام
1	Sel.spl.k18-87	41	FLIP09-229C S00794(30 KR)-13/FLIP
2	SAR80J78k2-87	42	FLIP09-285C X04TH143/FLIP00-6C//FLIP97-205C
3	Flip-05-104 C	43	FLIP09-289C X04TH145/FLIP00-14//FLIP98-137C
4	Flip-06-31 C	44	FLIP09-297C X04TH149/S00547//FLIP98-233C
5	Flip-09-14 C	45	ADEL
6	Flip09-21 C	47	ILC 484 ACC no 26783-68
7	Flip-09-24 C	48	FLIP03-26C/3/98TH70/4/(FLIP93-210C/ FLIP87-8C)//S96086
8	Bivanij*Sel.95 TH1716K1	49	FLIP06-17C//2002TH 18/3/FLIP98-130C / FLIP98-120C
9	Bivanij*Sel.95TH1716K3	50	FLIP06-39C//2002TH 37/3/S99520 / FLIP98-048C
10	Azad*HashemK3	51	FLIP06-43C//2002TH 40/3/FLIP98-28C/ FLIP98-079C
11	Flip-07-33C	52	FLIP06-97C/4/2002TH 119/5/[(FLIP98-64C/ FLIP98-47C)//Sel99ter85488] /3/ FLIP98-022C
13	Bivanij	53	FLIP06-120C/3/2002TH 131/4/(ILWC 141/S85581)//FLIP98-130C
14	Flip-05-42 C	54	FLIP07-201C/3/03TH-20/4/(S00784/FLIP97-28C)//ICCV2
15	Flip-05-43 C	55	FLIP88-85C//85 TH143/3/ILC 629 / FLIP 82-144C
16	Flip-05-47 C	56	FLIP06-59C//2002TH 76/3/S99858/FLIP 97-026C
17	Flip-07-40 C	57	FLIP03-141C/3/00TH 51//FLIP98-52C/FLIP98-47C
18	Flip-06-151 C	58	FLIP05-44C/3/2000TH 39//FLIP98-29C/S99001
19	Flip-07-234 C	59	FLIP05-46C/3/2000TH 39//FLIP98-29C/S99001
20	Flip-07-242 C	60	FLIP07-11C/3/03TH-138/FLIP98-130C//FLIP99-34C.
21	Flip-07-244 C	61	FLIP07-33C/3/03TH-153/FLIP98-133C//FLIP98-117C
22	Flip-07-313 C	62	FLIP08-14C/4/00TH95//(FLIP84-182C/FLIP91-138C)/3/ S99075
23	Flip-07-327 C	63	FLIP08-58C/3/02TH3/FLIP 98- 28C // FLIP 97-102C
24	Flip-08-198 C	64	FLIP03-31C/3/98TH18//S96114/FLIP 92-148C
25	ILC 8617	66	AZAD
26	Flip-02-51 C	67	ILC 72
27	Flip-98-130 C* Flip-97-23 C	68	ILC 484
28	Saral	69	ILC 482
29	ILC 484 ACC no 26783-68	70	FLIP 84-182C
30	FLIP84-48C X81TH55/ILC 1920//ILC 2956	71	FLIP 85-01C
31	FLIP84-79C X80TH176/ILC 72//ILC 215	72	FLIP 86-06C
32	FLIP86-6C X81TH203//(ILC 3279(WH)/ILC 3355)	73	FLIP 87-45C
33	FLIP90-96C X87TH26/ILC 5342//FLIP 84-93C	74	FLIP 88-85C
34	FLIP93-93C X89TH258//FLIP 85-122C/FLIP 82-150C/3/FLIP 86-7C	75	FLIP 93-58C
35	FLIP97-281C X94TH75/FLIP 87-58C//UC 15	76	FLIP 98-121C
36	FLIP97-503C X94TH8/FLIP 86-6C//FLIP 90-109C	77	FLIP 01-29C
37	FLIP97-530C X94TH103//FLIP 91-186C/FLIP 91-96C/3/FLIP 90-109C	78	FLIP 02-51C
8	FLIP98-121C X95TH42/FLIP 90-15C/ILC 5362/3 /FLIP 93-2C	79	FLIP 03-8C
39	FLIP09-37C X04TH73/FLIP97-195C//FLIP98-108C/3/FLIP96-154C78	80	FLIP 03-123C
40	FLIP09-58C X04TH176/FLIP95-768C//FLIP97-205C		

* ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۴۶ و ۶۵ به‌دلیل بدسبزی از آزمایش حذف شدند.

* Genotype number 12, 46 and 65 were deleted because of poor seedling emergence.

برای صفت تعداد غلاف در بوته با متوسط ۳۱/۵ عدد در بوته، بیشترین مقدار مربوط به ژنوتیپ شماره ۵۲ و برای صفت تعداد غلاف نابارور در بوته با متوسط ۲ عدد در بوته، بیشترین مقدار به ژنوتیپ شماره ژنوتیپ ۱۱ مربوط بود. میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها ۶۳ کیلوگرم بر هکتار بود که بیشترین مقدار آن به ژنوتیپ شماره ۷۶ (۱۱۸/۶۷) و کمترین مقدار آن به ژنوتیپ ۵۵ (۱۴/۸۱) تعلق داشت. بیشترین و کمترین مقدار وزن۱۰۰دانه به ترتیب در ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ و ۳۹ با میانگین ۳۵/۲ گرم اندازه‌گیری شد.

ضرایب همبستگی ساده

مطالعات پیشین نشان می‌دهد که همبستگی بین عملکرد دانه نخود با سایر صفات ثابت نیست (Rezaienia *et al.*, 2017; Salami *et al.*, 2017; Yousefi *et al.*, 1997; Ozdemir, 1996). نتایج حاصل از تحلیل همبستگی نشان داد که عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته (r=۰/۲۲۶*)، تعداد غلاف دوبذری در بوته (r=۰/۴۰۹**)، ارتفاع بوته (r=۰/۵۲۵**) و فاصله اولین غلاف از سطح زمین (r=۰/۲۷۲**) همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد، اما با روز تا گلدهی (r=-۰/۲۹۰*)، روز

تا رسیدگی فیزیولوژیک (**r=-۰/۴۱۵) و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (**r=-۰/۳۹۱) همبستگی منفی و معنی‌داری نشان می‌دهد (جدول ۵). این نتایج بیانگر آن است که با افزایش تعداد غلاف و تعداد غلاف دوبذری در بوته، شمار بذر در بوته و در نتیجه عملکرد بوته افزایش می یابد.

Singh *et al*, (1990) اظهار داشتند ژنوتیپ‌های با ظرفیت عملکرد بالا توانایی تولید شمار غلاف در بوته و دانه در بوتهٔ بیشتری در شرایط مطلوب دارند. سایر محققان نیز وجود همبستگی معنی‌دار بین عملکرد دانه و صفات فوق را گزارش کرده‌اند (Ali *et al*., 2012; Kayan & Adak, 2012). همچنین عملکرد دانه در بوته با صفات وزن غلاف کامل در بوته و تعداد دانه در بوته (Rezaeinia *et al*., 2017) و شمار غلاف در بوته، شمار شاخه های اصلی و فرعی، شمار دانه در بوته و ارتفاع بوته (Salami *et al*., 2017) همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داده است. در این تحقیق وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با ارتفاع گیاه نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع، شمار دانه در بوته افزایش و در نتیجه عملکرد افزایش یافته است. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین این دو صفت پیش‌تر نیز گزارش شده است (Cheghamirza *et al*., 2013). بر اساس نتایج تحقیق حاضر همبستگی بین ارتفاع بوته و وزن۱۰۰دانه منفی می‌باشد که نشان می‌دهد با افزایش تعداد دانه، وزن هر دانه کاهش یافته است. با توجه به این‌که درشت‌بودن دانهٔ نخود، یکی از شرایط مهم بازارپسندی آن است، هر عاملی که باعث کاهش وزن دانه شود، از لحاظ تجاری و بازارپسندی جنبهٔ منفی پیدا می‌کند. بنابراین در تحقیقات روی این گیاه علاوه بر صفات کمّی (افزایش عملکرد)، باید به صفات کیفی مانند درشت‌بودن دانه و خوش‌پخت‌بودن نیز توجه ویژه داشت (Salami *et al*., 2017). اگرچه اندازه دانه و عملکرد اغلب همبستگی مثبتی با یکدیگر دارند (Acikgoz & Acikgoz, 1994)، اما شواهدی در ارتباط با وجود همبستگی منفی بین این دو صفت وجود دارد (Ozdemir, 1996). در این تحقیق بین عملکرد دانه در بوته و وزن۱۰۰دانه همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد، اما عملکرد ارتباط معنی‌داری با تعداد غلاف در بوته و تعداد غلاف دوبذری در بوته داشت. همچنین همبستگی معنی‌داری بین وزن۱۰۰دانه و تعداد غلاف مشاهده گردید. بررسی‌ها نشان داده است که با افزایش تعداد غلاف و دانه در بوته، وزن (اندازه) دانه کاهش می‌یابد (Singh *et al*., 1990). عدم وجود ارتباط معنی‌دار بین اندازه دانه و عملکرد پیش‌تر نیز به اثبات رسیده است (Rezaeinia *et al*., 2017; Kanouni & Malhotr, 2003).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات فنوتیپی ارزیابی شده در ۷۷ ژنوتیپ نخود در شرایط مزرعه

Table 3. ANOVA results of phonotypic traits in 77 chick pea genotypes under field conditions

منابع تغییر **Sources of variation**	درجه آزادی **df**	Mean Squares-میانگین مربعات					
		روز تا ۵۰ درصد گلدهی **Days to 50% flowering**	روز تا بلوغ فیزیولوژیک **Days to physiological maturity**	روز تا پرشدن دانه **Grain filling period**	تعداد غلاف در بوته **Number of pods/plant**	تعداد غلاف نابارور **Number of unfertile pods**	فاصله اولین غلاف از سطح زمین **Height of the first pod from ground**
Replication تکرار	2	15.614	6.004	33.818*	377.484*	0.432	149.233*
Genotype ژنوتیپ	76	25.544**	6.296**	21.595**	282.796**	5.405**	122.697**
Error خطا	152	12.176	3.837	10.870	26.291	0.283	42.553
Coefficient of variation (%)		2.834	1.257	10.195	16.414	27.045	24.466

ادامه جدول ۳

Table 3- Countinue

منابع تغییر **Sources of variation**	درجه آزادی **df**	Mean Squares-میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته **Plant height**	تعداد غلاف تک‌بذری **Number of single seed pods**	تعداد غلاف دوبذری **Number of two seed pods**	وزن۱۰۰دانه **100-Grain weight**	عملکرد دانه **Grain yield**	سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری **AUDPC**
Replication تکرار	2	81.264	152.939*	0.186	0.835	1022.416*	687134.1*
Genotype ژنوتیپ	76	110.658**	166.959**	28.460**	33.660**	1423.358**	138100.5**
Error خطا	152	61.158	19.978	0.878	11.455	176.171	102875.0
Coefficient of variation (%)		12.103	20.812	18.428	9.586	21.124	13.387

*و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک درصد و پنج درصد

** and *: Significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات فنوتیپی در ۷۷ ژنوتیپ نخود در شرایط مزرعه

Table 4. Comparison of means of phenotypic traits in 77 genotypes of chickpea under field conditions

صفات **Traits**	۱۰ ژنوتیپ برتر با ارزش بالا **10 Genotype with more value**	۱۰ ژنوتیپ برتر با ارزش پایین **10 Genotypes with less value**	**t**
میانگین روز تا گلدهی Mean days to flowering	-26(127.33)-33(128.67)-71(129)-27(131.33) -55(126.33)-31(127.33)-30(127.33)-32(127.33) 48(126.33)-14(126.33)	-29(118.67)-38(119)-77(119)-22(119)-75(119) -41(116.67)-28(116.67)-15(118.67)-20(118.67) 9(116.67)	15.926**
روز تا بلوغ فیزیولوژیک Days to physiological maturity	-31(159.67)-33(159.67)-49(159.67)-27(162) -71(157.33)-44(157.33)-34(157.33)-30(157.33) 35(157.33)-42(157.33)	-۶7(155)-75(155)-74(155)-73(155)-72(155)-4(155) 80(155)-79(155)-78(155)-77(155)	7.099**
دوره پرشدن دانه Grain filling period	-20(36.33)-41(38.33)-9(38.33)-29(38.33)-28(40.33) 8(36)-22(36)-77(36)-38(36)-15(36.33)	-30(28.67)-25(30)-78(30)-2(30)-74(30)-79(30) 71(26)-14(28.67)-55(28.67)-48(28.67)	12.983**
ارتفاع بوته Plant height (cm)	-69(72.66)-36(74)-15(74.33)-7(74.33)-20(76)-73(78) 30(70.33)-2(71.66)-10(71.66)-41(71.66)	-25(55.33)-54(57)-37(57.33)-45(57.33)-35(58) 29(46.33)-33(48.67)-60(51.67)-55(52.67)-13(53)	13.484**
فاصله اولین غلاف از سطح زمین Height of the first pod from ground	24(41.33)-17(42)-73(44)-10(44.33)-77(34)- 41(71.66)-74(36.67)-23(40)-18(32)-2(32.67)	36(17.33)-44(17.67)-31 (19)-35(19)-58(19.33) 29(15)-38(116)-60(16)-33(16.33)-61(17)	13.831**
عملکرد دانه Grain yield (kg/h)	70(111.33)-3(117.04)-76(118.67)-69(90.33)- 20(94.33)-7(103.29)-10(86.37)-9(87)-43(87.59)- 67(89.75)	33(33.67)-71(17.67)-28(34.41)-32(35)-29(22.67)- 27(25.33)-34(29.67)-37(33.39)-55(14.81)-13(20.67)	5.098**
وزن۱۰۰دانه 100-Grain weight (g)	21(40)-18(40)-20(40.67)-75(44.33)-68(39.33)- 13(39.67)-7(39.67)-6(39)-51(39)-43(39.33)	41(30.67)-77(31)-35(31.33)-52(31.33)-66(29)- 55(29.33)-61(30)-40(30)-45(30.33)-39(26)	4.482**
تعداد غلاف در بوته Pod per plant	42(53.33)-45(53.67)-52(60)-11(45.33)-39(46.33)- 39(46.33)-31(51.33)-50(42.33)-44(43.67)-34(44)- 7(45.33)	63(19.33)-80(19.67)-14(20)-75(20.67)-23(12.67)- 19(1633)-27(17.67)-24(18.67)-18(11)-71(12)	14.780**
تعداد غلاف نابارور Number of unfertile pods	41(5)-45(5.66)-35(6)-11(6.33)-56(3.67)-30(3.67)- 61(4)-44(4.67)-60(3.67)-16(3.67)	71(0.67)-72(0.67)-73(0.67)-18(0.67)-67(0.67)- 80(0.67)-25(0.67)-53(0.67)-9(0.67)-27(0.67)	12.104**
تعداد غلاف تک‌بذری Number of single seed pods	45(35.67)-31(39)-52(39.33)-29(40)-34(30.67)- 42(33.67)-44(35)-2(29.33)-51(30.33)-36(30.67)	27(8.67)-24(10)-33(12)-16(13.67)-14(13.67)-63(7)- 18(7.33)-19(8)-71(8.67)-23(8.67)	16.289**
تعداد غلاف دوبذری Number of two seed pods	50(11)-11(12)-39(12)-7(12.33)-20(9.33)-9(9.67)- 52(10.33)-5(10.33)-8(8.67)-17(9)	30(1)-29(1)-59(1)-28(1)-71(1.33)-55(1.33)- 32(0.67)- 23(0.67)-74(0)-27(0)	21.712**
سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری AUDPC	13(3966.7)-29(3988.9)-27(4044.4)-55(3500)- 31(3616.7)-35(3681.5)-64(3255.6)-60(3333.3)- 34(3340.7)-54(3177.8)	74(1459.3)-41(1477.8)-16(1503.7)-48(1525.9)- 44(1381.5)-23(1381.5)-68(1381.5)-80(1451.9)- 6(1329.6)-72(1381.5)	20.813**

**: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد را نشان می‌دهد.

**: Significant at the 0.01 probability level

اعداد بیرون پرانتز، شماره ژنوتیپ و اعداد داخل پرانتز، مقدار میانگین می‌باشد.

Numbers out of the parentheses are the genotype number and numbers are in the parentheses show the means.

نتایج حاصل از تحلیل ضرایب همبستگی (جدول ۵) نشان داد که بیماری با صفت عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌دار داشت (P<۰/۰۱). با توجه به این‌که عامل بیماری برق‌زدگی بخش عمده‌ای از گیاه نخود را از بین می‌برد و موجب آسیب نواحی فتوسنتزی، آسیب مستقیم به دانه و همچنین مرگ گیاه می‌شود (Kimurto *et al.*, 2013)، بنابراین کاهش میزان عملکرد دانه و وزن۱۰۰دانه بر اثر بیماری توجیه می‌شود. ژنوتیپ‌های ۳۴، ۲۹، ۱۳ و ۲۷ که جزو ۱۰ ژنوتیپ برتر حساس به بیماری بودند، عملکرد دانه کمی داشتند. همچنین ژنوتیپ شماره ۴۳ که جزو ۱۰ ژنوتیپ برتر از نظر عملکرد دانه بود، از نظر واکنش به بیماری مقاوم بود.

Kimurto *et al,* (2013) دریافتند که بیماری برق‌زدگی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شده و عموماً ژنوتیپ‌هایی که مقاومت بیشتری به بیماری نشان دادند، عملکرد دانه بیشتری نیز داشتند. همچنین تعداد غلاف در بوته همبستگی منفی و معنی‌داری با وزن۱۰۰دانه نشان داد.

جدول۵- ضرایب همبستگی ساده بین صفات فنوتیپی ۷۷ ژنوتیپ نخود

Table 5. Simple correlation coefficients between phenotypic traits in 77 chickpea genotypes

Traitصفت	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1											
2	0.516**	1										
3	0.857**	0.318**	1									
4	0.439**	0.159	0.067	1								
5	-0.032	-0.039	-0.103	-0.201	1							
6	-0.270*	-0.281*	-0.234*	0.043	0.472**	1						
7	-0.391**	-0.375**	-0.218	-0.148	-0.371**	0.347**	1					
8	0.226*	-0.044	0.135	0.409**	0.525**	0.272**	0.103	1				
9	-0.056	0.038	-0.010	-0.195	-0.159	0.098	-0.054	-0.290*	1			
10	-0.028	0.050	0.028	-0.268*	-0.351**	-0.249*	-0.088	-0.415**	-0.458**	1		
11	0.034	-0.019	0.024	0.083	-0.030	-0.266*	-0.029	0.119	-0.854**	-0.018	1	
12	0.074	-0.023	0.087	-0.008	-0.425**	-0.336**	-0.277*	-0.391**	0.246*	0.417**	-0.066	1

*: معنی‌داری در سطح پنج درصد، **: معنی‌داری در سطح یک درصد

۱: تعداد غلاف در بوته، ۲: غلاف نابارور در بوته، ۳: تعداد غلاف تک‌بذری در بوته، ۴: تعداد غلاف دوبذری در بوته، ۵: ارتفاع بوته، ۶: فاصله اولین غلاف از سطح زمین، ۷: وزن۱۰۰دانه، ۸: عملکرد دانه، ۹: روز تا ۵۰درصد گلدهی، ۱۰: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ۱۱: دوره پرشدن دانه، ۱۲: سطح زیر منحنی گسترش بیماری

1: Pod/plant, 2: Number of unfertile pods, 3: Number of single seed pods, 4: Number of two seed pods, 5: Plant height, 6: Height of the first pod from ground, 7: 100-Grain weight, 8: Grain yield, 9: Days to 50% flowering, 10: Days to physiological maturity, 11: Grain filling period, 12: AUDPC

از آنجا که بر اثر بیماری دانه‌های آلوده بی‌رنگ، چروک، فرورفته، نامرتب، فاسد و کوچک‌تر می‌شوند و در نتیجه کیفیت دانه کاهش می‌یابد (Dokken-Bouchard *et al.*, 2010)، می‌توان نتیجه گرفت که بیماری برق‌زدگی عملکرد دانه را از طریق کاهش اندازه دانه پایین می‌آورد. Singh *et al*, (1990) نیز اظهار داشتند که با افزایش تعداد غلاف در بوته، وزن۱۰۰دانه کم می‌شود.

محل قرارگیری کنیدی‌های قارچ عامل بیماری داخل پیکنیدهایی است که روی زخم‌ها قرار دارند. این کنیدی‌ها در شرایط مرطوب از داخل پیکنید به بیرون تراوش پیدا می‌کنند و بر اثر rainsplash از روی برگچه‌ها و ساقه‌های آلوده این کنیدی‌ها حمل شده و به گیاهان و برگ‌های اطراف می‌افتند و به این صورت اسپورها از گیاه آلوده به گیاه سالم منتقل می‌شود (Dokken-Bouchard *et al.*, 2010). طبیعتاً هرچه ارتفاع بوته و سطح اولین غلاف از زمین کمتر باشد، میزان اسپورهایی که بر اثر rainsplash روی گیاه می‌افتد بیشتر خواهد بود و در معرض آلودگی بیشتری قرار خواهند گرفت. درنتیجه میزان حساسیت گیاهان دارای ارتفاع کمتر به بیماری برق‌زدگی، بیشتر خواهد بود. وجود رابطه منفی و معنی‌دار (r=-۰/۴**) بین AUDPC و ارتفاع بوته در مطالعات دیگر اثبات شده است (Kiprop, 2016). در این پژوهش نیز رابطه سطح زیر منحنی گسترش بیماری و میزان نهایی بیماری با صفات ارتفاع بوته و فاصله اولین غلاف از سطح زمین در سطح یک درصد منفی و معنی‌دار شد. ژنوتیپ‌های ۲۹، ۶۰، ۱۳، ۵۴ و ۵۵ که جزو ۱۰ ژنوتیپ برتر از لحاظ حساسیت به بیماری بودند، کمترین ارتفاع بوته را در بین سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. ژنوتیپ‌های شماره ۳۵ و ۳۶، ۲۹ و ۶۰ که نسبت به بیماری حساس بودند، از لحاظ صفت فاصله اولین غلاف از سطح زمین جزو ژنوتیپ‌های با ارزش کمتر بودند. ژنوتیپ‌های ۲۳ و ۷۴ جزو ژنوتیپ‌های با درجه بیماری کم، از لحاظ صفت فاصله اولین غلاف از سطح زمین جزو ژنوتیپ‌های با ارزش بالا بودند.

یکی از خساراتی که بیماری برق‌زدگی به گیاه وارد می‌کند، آسیب به نواحی فتوسنتزی (برگچه‌ها) و به دنبال آن کاهش سطح فتوسنتز گیاه می‌باشد (Dokken-Bouchard *et al.*, 2010). با پایین‌آمدن سطح فتوسنتز، گیاه دیرتر به مرحله گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک خواهد رسید. در واقع افزایش بیماری باعث طولانی‌ترشدن دوره روز تا ۵۰درصد گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک خواهد شد. در این پژوهش رابطهٔ مثبت و معنی‌داری بین سطح زیر منحنی گسترش بیماری با صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (P<۰/۰۱) و روز تا ۵۰درصد گلدهی (P<۰/۰۵) مشاهده شد. ژنوتیپ‌های ۳۵ و ۳۴ که جزو ۱۰ ژنوتیپ برتر از نظر صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بودند، در گروه ژنوتیپ‌های حساس به بیماری قرار داشتند. در مقابل ژنوتیپ‌های ۷۴، ۷۲ و ۸۰ که میزان بیماری آن‌ها در بین ژنوتیپ‌های دیگر کمتر بود، طول دوره رسیدگی فیزیولوژیک کمتری نیز داشتند. ژنوتیپ‌های شماره ۲۷ و ۳۱

که میزان بیماری زیادی را از خود نشان دادند، طول دوره روز تا ۵۰درصد گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بیشتری نیز داشتند. ژنوتیپ ۴۱ جزو ۱۰ ژنوتیپ با مقاومت بالا به بیماری، دارای میانگین روز تا ۵۰درصد گلدهی بالایی بود و برای ژنوتیپ ۵۵ که جزو ۱۰ ژنوتیپ حساس به بیماری بود، این صفت میزان کمتری داشت. وجود رابطه منفی و معنی‌دار بین روز تا گلدهی و مقاومت به بیماری توسط Aryamanesh *et al*, (2010) و Daba *et al*, (2016) گزارش شده است.

تحلیل رگرسیون و تجزیه علیت

نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام در جدول ۶، نشان داده شده است. صفت عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف دوبذری در هر بوته و سطح زیر منحنی گسترش بیماری متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. ارتفاع بوته اولین صفتی بود که وارد مدل شد و ۲۸درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کرد. بعد از آن صفت تعداد غلاف دو بذری در هر بوته (۳۷درصد) و بیماری (۴۲درصد) از تغییرات عملکرد را توجیه کردند.

جدول ۶- تجزیه رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در ۷۷ ژنوتیپ نخود

Table 6. Stepwise regression of grain yield as the dependent variable in 77 chickpea genotypes

صفت Traits	ضریب رگرسیون Regression coefficient	(R2)	Fپارامتر (F) Parameter	خطای استاندارد Standard Error
ارتفاع بوته Plant height	1.285	0.276	28.553	0.364
تعداد غلاف دوبذری در بوته Number of two seed pods	2.352	0.372	21.915	0.642
سطح زیر منحنی گسترش بیماری AUDPC	-0.008	0.417	17.438	0.003

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه علیت، صفت عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف دوبذری در هر بوته و بیماری به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. مطابق با جدول ۷، بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه را صفت ارتفاع بوته (۰/۳۵۷) داشت. بعد از آن صفت تعداد غلاف دوبذری در هر بوته (۰/۳۳۶) بود و بیماری (۰/۲۳۷-) کمترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. اثر غیرمستقیم ارتفاع بوته از طریق بیماری به میزان ۰/۱۰۱ و مثبت، و برای صفت تعداد غلاف دوبذری در هر بوته، ۰/۰۶۷ بود. اثر غیرمستقیم تعداد غلاف دوبذری در هر بوته از طریق ارتفاع بوته ۰/۰۷۱ و از طریق بیماری ۰/۰۰۲ بود. اثر غیرمستقیم بیماری از طریق ارتفاع بوته ۰/۱۵۱ و منفی و از طریق تعداد غلاف دوبذری در هر بوته ۰/۰۰۲- بود. صفت ارتفاع بوته با داشتن همبستگی معنی‌دار با عملکرد و اثر مستقیم مثبت، نشان‌دهنده ارتباط قوی بین این دو متغیر بوده و انتخاب مستقیم از راه این صفت می‌تواند سودمند باشد که با نتایج Salimi *et al*, (2017) مطابقت دارد.

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات زراعی

برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات زراعی از خوشه‌بندی به روش Ward استفاده شد که ژنوتیپ‌ها در دو گروه تقسیم‌بندی می‌شوند (شکل ۲). جدول ۸، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها را بر اساس صفات زراعی نشان می‌دهد.

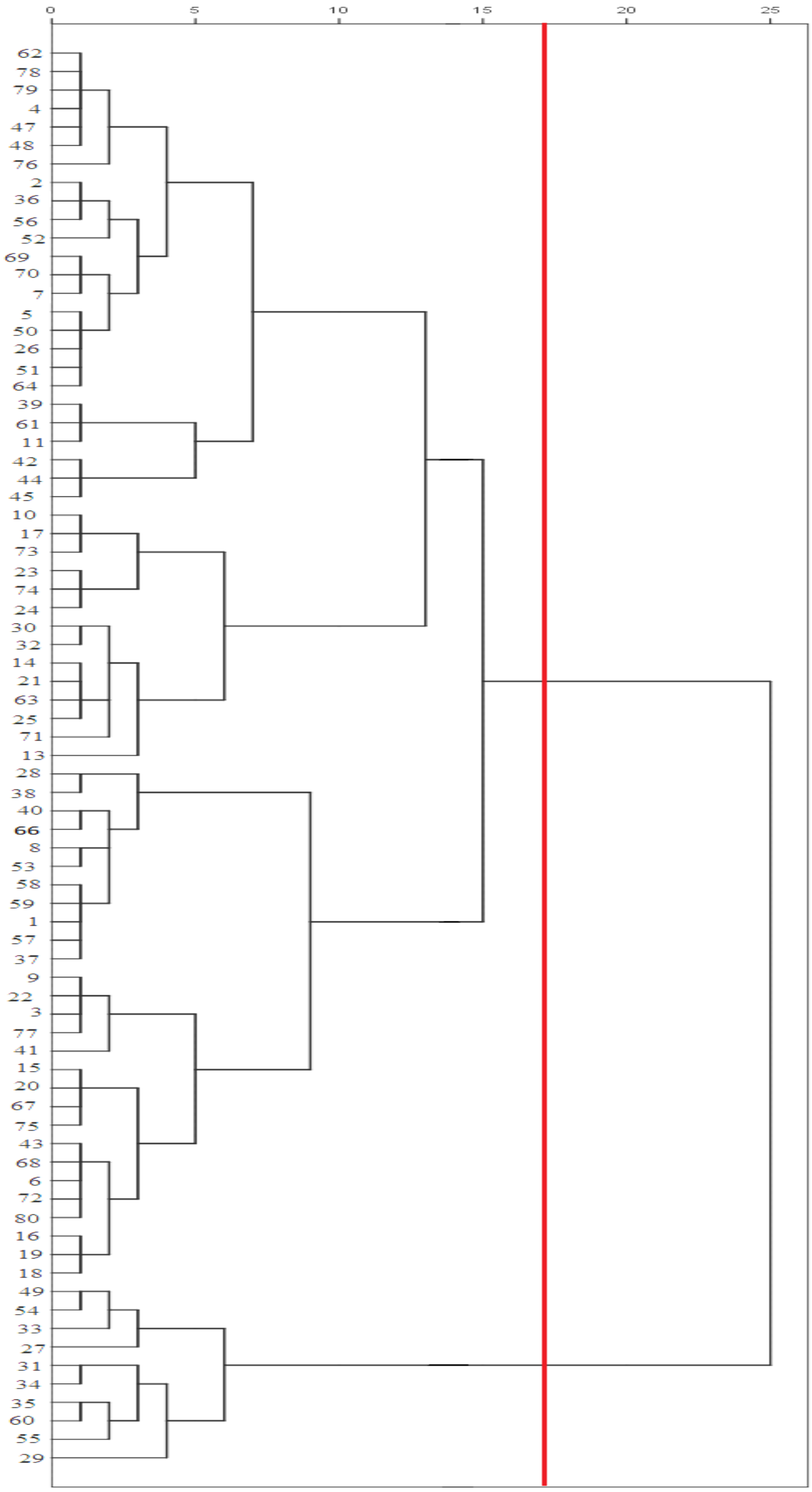
جدول ۷- تجزیه ضرایب همبستگی به اثرهای مستقیم و غیرمستقیم برای عملکرد دانه در ۷۷ ژنوتیپ نخود

Table 7. Path analysis to direct and indirect effects for yield in 77 chickpea genotypes

Traits صفت	Direct effect اثرات مستقیم	Indirect effects through			Total effect اثرات مستقیم
		Plant height ارتفاع بوته	Number of two seed pods تعداد غلاف دوبذری در بوته	AUDPC سطح زیر منحنی گسترش بیماری	
ارتفاع بوته Plant height	0.357	-	0.067	0.101	0.525**
تعداد غلاف دوبذری در بوته Number of two seed pods	0.336	0.071	-	0.002	0.409**
سطح زیر منحنی گسترش بیماری AUDPC	-0.237	-0.151	-0.002	-	-0.391**

**: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

**: Significant at the 0.01 probability level



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۷۷ ژنوتیپ نخود بر اساس صفات زراعی

Fig. 2. Dendrogram result from the cluster analysis method of 77 genotypes based on agrological traits

جدول ۸- میانگین گروه‌ها و انحراف از میانگین کل برای صفات فنوتیپی ارزیابی شده در ۷۷ ژنوتیپ نخود

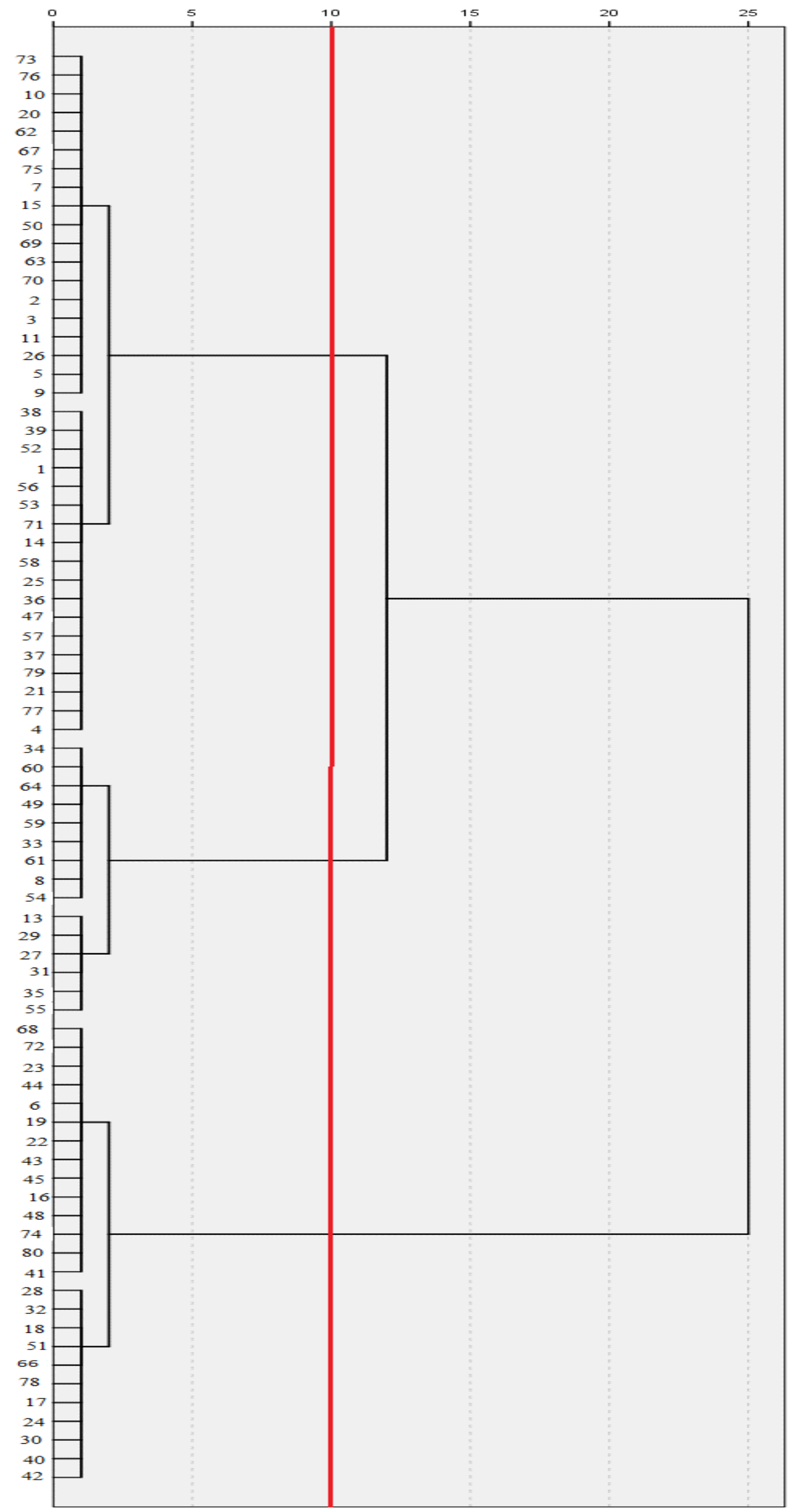
Table 8. Group mean and deviation of mean for phenotypic traits in 77 chickpea genotypes

صفت Traits	Group 1 گروه ۱		Group 2 گروه ۲		میانگین کل Total mean
	میانگین Mean	انحراف از میانگین Deviation	میانگین Mean	انحراف از میانگین Deviation	
تعداد غلاف در بوته Pod per plant	30.82 [b]	-0.24	32.7 [a]	-1.64	31.06
تعداد غلاف نابارور Number of unfertile pods	1.89 [b]	-0.08	2.5 [a]	-0.53	1.97
تعداد غلاف تک‌بذری Number of single seed pods	21.05 [b]	-0.37	23.9 [a]	-2.48	21.42
تعداد غلاف دوبذری Number of two seed pods	4.95 [a]	0.27	2.9 [b]	1.78	4.68
ارتفاع بوته Plant height	65.8 [a]	0.99	58.2 [b]	6.61	64.81
فاصله اولین غلاف از سطح زمین Height of the first pod from ground	22.67 [a]	-4.33	22.5 [b]	4.5	27
وزن۱۰۰دانه 100-Grain weight	35.62 [a]	0.33	33.1 [b]	2.19	35.29
عملکرد دانه Grain yield	66.64 [a]	3.63	38.6 [b]	-24.4	63
میانگین روز تا ۵۰درصد گلدهی Days to 50% flowering	122.8 [b]	-0.23	124.6 [a]	1.57	123.03
روز تا بلوغ فیزیولوژیک Days to physiological maturity	155.34 [b]	-0.3	157.7 [a]	2.06	155.64
دوره پرشدن دانه Grain filling period	32.37 [b]	-0.07	32.9 [b]	0.46	32.44

با توجه به مقایسات میانگین و انحراف معیار برای هر کلاستر، گروه یک از نظر صفات ارتفاع بوته، فاصله اولین غلاف از زمین، تعداد غلاف دوبذری، عملکرد و وزن۱۰۰دانه نسبت به گروه دو، برتری داشت. گروه دوم نیز از نظر صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف نابارور در بوته، تعداد غلاف تک‌بذری در بوته، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، روز تا ۵۰درصد گلدهی و طول دوره پرشدن دانه بر گروه اول برتری داشت. بنابراین ژنوتیپ‌های گروه دوم به عنوان ژنوتیپ های زودرس معرفی می‌شوند. برای دو گروه، میزان آماره Pillai's Trace ($0/568^{**}$)، آماره Wikks' Lambda ($0/435^{**}$)، آماره Hotelling's Trace ($1/298^{**}$) و آماره Roy's Largest Root ($1/298^{**}$) محاسبه شد. طبق این نتایج، ژنوتیپ‌های گروه اول از نظر صفات مرتبط با عملکرد دانه، به علت داشتن ارزش بیشتر جهت کاربرد در برنامه‌های اصلاحی توصیه می‌شوند. همچنین با توجه به اهمیت عملکرد دانه و زودرسی که از اهداف مهم اصلاحی نخود می باشد (Rezaeinia *et al.*, 2017)، می‌توان از تلاقی ژنوتیپ‌های موجود در این دو گروه برای تولید ژنوتیپ‌ها با عملکرد بالا و زودرس استفاده کرد.

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس سطح زیر منحنی گسترش بیماری برق‌زدگی

تجزیه خوشه‌ای داده‌ها به روش Ward انجام گرفت و برش دندروگرام، ژنوتیپ‌ها را به سه گروه تقسیم کرد (شکل ۳). جدول۹، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها را بر اساس سطح زیر منحنی گسترش بیماری برق‌زدگی نمایش می‌دهد. گروه یک به‌عنوان گروه متحمل (شامل ۳۷ ژنوتیپ)، گروه دوم حساس (شامل ۱۵ ژنوتیپ) و گروه سوم (شامل ۲۵ ژنوتیپ)، نسبت به برق‌زدگی مقاوم بودند. همچنین ژنوتیپ‌های گروه دوم، دارای عملکرد پایین‌تری نسبت به گروه یک و سه بودند، ولی گروه یک که واکنش متحمل داشت، عملکرد بالاتری را دارا بودند. از نظر وزن۱۰۰دانه گروه سوم دارای بالاترین میزان میانگین و گروه دوم کمترین میزان را دارا بود. در این گروه‌بندی، ژنوتیپ ۱۳ (بیونیج، حساس) جزو گروه حساس، ژنوتیپ ۴۵ (عادل، مقاوم) جزو گروه مقاوم، ژنوتیپ ۶۶ (آزاد، متحمل) جزو گروه مقاوم و ژنوتیپ ۲۹ (سارال، متحمل) جزو گروه حساس قرار گرفتند. در مطالعه Salimi *et al*, (2017) ژنوتیپ‌ها بر اساس بیماری در سه سطح مقاوم، متحمل و حساس به بیماری گروه بندی شدند؛ در این تقسیم‌بندی تعداد ۱۱ ژنوتیپ در گروه مقاوم، چهار ژنوتیپ متحمل و ۲۰ ژنوتیپ در گروه حساس به بیماری قرار گرفتند. ۱۱ ژنوتیپی که مقاومت خوبی نسبت به بیماری از خود نشان دادند، در مزرعه نیز عملکرد متوسط به بالا داشتند.



شکل ۳- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۷۷ ژنوتیپ نخود بر اساس بر اساس سطح زیر منحنی گسترش بیماری برق‌زدگی نخود

Fig. 3. Dendrogram result from the cluster analysis method of 77 genotypes based on AUDPC of chickpea Ascochyta blight

جدول ۹- واکنش ۷۷ ژنوتیپ نخود بر اساس تجزیه خوشه‌ای برای سطح زیر منحنی گسترش بیماری برق‌زدگی

Table 9. Reaction of 77 chickpea genotypes to Ascochyta blight based on cluster analysis of AUDPC

گروه Group	شماره ژنوتیپ Genotype number
گروه اول (متحمل) Group 1 (Tolerant)	38-9-15-4-58-5-7-75-77-14-26-67-21-71-11-62-3-20-79-53-2-76-37-56-70-73-10-57-1-63-47-52-69-36-39-50-25
گروه دوم (حساس) Group 2 (Susceptible)	29-13-54-8-61-33-59-55-49-35-64-31-60-27-34
گروه سوم (مقاوم) Group 3(Resistance)	42-80-74-40-48-30-24-16-17-45-78-43-66-22-19-51-6-18-44-32-23-28-72-41-68

در مطالعات متعددی که جهت غربال‌گری ژرم‌پلاسم نخود برای مقاومت به برق‌زدگی انجام شده است، فراوانی ژنوتیپ‌های مقاوم، متفاوت و اغلب کم بوده است. Shokouhifar *et al*, (2006) در بررسی واکنش ۴۲۰ توده بومی و ۹۷ لاین و رقم خارجی در برابر عامل برق زدگی در گلخانه و مزرعه نشان دادند که در مرحله غلافدهی و گلدهی، نمونه‌های مقاوم و حساس با دقت بیشتری قابل تمایز می‌باشند. مطالعه واکنش ۱۵۰ لاین الیت نخود به بیماری در مرحله گیاهچه‌ای نشان داد که ۲۹ لاین دارای مقاومت نسبتاً بالا و پایدار نسبت به بیماری می‌باشند (Pande *et al*., 2011). در کنیا در بین ۳۶ ژنوتیپ نخود ارزیابی‌شده، تنها ۱۲ نمونه مقاوم به بیماری بودند (Kimurto *et al*., 2013). Ashrafi *et al*, (2016) به منظور ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های نخود نسبت به برق‌زدگی در خزانه بین‌المللی، لاین‌های ارسالی از ایکاردا را در استان ایلام و استان گلستان (گنبدکاووس) مورد بررسی قرار دادند که از ۳۸ لاین مورد بررسی، در استان ایلام، ۱۲ لاین مقاوم، ۲۰ لاین نیمه مقاوم و در گلستان، تمامی لاین‌ها مقاومت نشان دادند.

Salami *et al*, (2017) با بررسی ۳۵ ژنوتیپ نخود کابلی نشان دادند که ژنوتیپ‌ها در سه گروه مقاوم (شامل ۱۱ژنوتیپ)، گروه متحمل (۴ ژنوتیپ) و گروه حساس (۲۰ژنوتیپ) قرار گرفتند. این نتایج مؤید تنوع کم مقاومت در بین نمونه‌های نخود است (Ahma *et al*., 2013). مطالعات نشان داده است که اساس ژنتیکی مقاومت به این بیماری در نخود کمی بوده و میزان مقاومت در نمونه‌های نخود جزئی می‌باشد (Peveer *et al*., 2012). همچنین روش و شرایط غربال‌گری ژنوتیپ‌های نخود و قدرت تجاوزگری پاتوتیپ مورد استفاده و همچنین اقلیم مناطق مورد بررسی، در مطالعات مختلف متفاوت بوده است و غربال‌گری نخود به دلیل تأثیرپذیری از شرایط محیطی منجر به نتایج متفاوتی می‌گردد (Vafaei *et al*., 2017).

در این تحقیق که در شرایط دیم مزرعه و در اقلیم گنبد کاووس و با استفاده از آلودگی طبیعی به صورت پخش بقایای گیاهی آلوده در سطح مزرعه انجام شد، نتایج نشان داد که آلودگی اولیه به میزان کافی در سطح پلات‌های آزمایشی رخ داد و در ارزیابی مقاومت، در نهایت ۲۵ ژنوتیپ با سطوحی از مقاومت به بیماری معرفی شدند. این گروه عملکرد قابل‌قبولی نسبت به گروه حساس داشتند. همچنین در بررسی همبستگی مشخص شد که همبستگی منفی و معنی‌داری بین میزان بیماری و عملکرد گیاه وجود دارد. از این ژنوتیپ‌ها می‌توان در برنامه‌های اصلاحی برای توسعه ارقام مقاوم نخود به بیماری و مدیریت این بیماری بهره برد.

منابع

1. Acikgoz, N., and Acikgoz, N. 1994. Path analysis for evaluation of characters affecting seed yield in chickpeas at different sowing time. Crop Science Congress 2: 121-125.
2. Ahmad, S., Khan, M.A., Sahi, S.T., and Ahmad, R. 2013. Evaluation of chickpea germplasm against *Ascochyta rabiei* (Pass) Lab. Journal of Animal and Plant Sciences 23(2): 440-443.
3. Ali, Q., Ahsan, M., Khan, N.H., Ali, F., Elahi, M., and Elahi, F. 2012. Genetic analysis for various quantitative traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal for Agro Veterinary and Medical Sciences 6(1): 51-57.
4. Aryamanesh, N., Nelson, M.N., Yan, G., Clarke, H.J., and Siddique, K.H.M. 2010. Mapping a major gene for growth habit and QTLs for ascochyta blight resistance and flowering time in a population between chickpea and *Cicer reticulatum*. Euphytica 173: 307-319.
5. Ashrafi, J., Rahnama, K., and Kheirgu, M. 2016. Response of chickpea genotypes to Aschochyta blight in international collection. 22th Congress of Plant Protection. Iran, Tehran. P346. (In Persian with English Summary).

6. Bokhari, A.A., Ashraf, M., Rehman, A., Ahmad, A., and Iqbal, M. 2011. Screening of chickpea germ plasm against Ascochyta blight. Pakistan Journal of Phytopathology 23(1): 5-8.
7. Checa, O., Ceballos, H., and Blair, M.W. 2006. Generation means analysis of climbing ability in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Heredity 97(5): 456-465.
8. Cheghamirza, S.H., Cheghamirza, K., and Mohammadi, R. 2013. Evaluation of accessions and varieties of chickpea (*Ciser arietinum* L.) based on agro-physiological traits. Iranian Journal of Field Crops Research 11(3): 46-472. (In Persian with English Summary).
9. Chen, W., Coyne, C.J., Peever, T.L., and Muehlbauer, F.J. 2004. Characterization of chickpea differentials for pathogenicity assay of ascochyta blight and identification of chickpea accessions resistant to *Didymella rabiei*. Plant Pathology 53: 759-769.
10. Collard, B.C., and Mackill, D.J. 2007. Marker-assisted selection: an approach for precision plant breeding in the twenty-first century. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 363(1491): 557-572.
11. Daba, K., Deokar, A., Banniza, S., Warkentin, T.D., and Tar'an, B. 2016. QTL mapping of early flowering and resistance to ascochyta blight in chickpea. Genome 59(6): 413-425.
12. Dokken-Bouchard, F., Miller, S., McCall, P., and McVicar, R. 2010. Scouting and management of Ascochyta blight in chickpea. Saskatchewan Agriculture Publicationmm 1-18.
13. Elliott, V.L., Taylor P.W.J., and Ford, F. 2013. Changes in foliar host reaction to *Ascochyta rabiei* with plant maturity. Journal of Agricultural Science 5(7): 29-35.
14. Fazeli, F., and Cheghamirza, K. 2011. Genetic variation in Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L. Kabuli type) based on agronomic traits and RAPD marker. Seed and Plant Improvement Journal 1-27(4): 555-579. (In Persian with English Summary).
15. Gaure, P.M., Tripathi, S., Gowda, C.L.L., Ranga, R.G.V., Sharma, H. ., Pande, S., and Sharma, M. 2010. Chickpea Seed Production Manual, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 121 pp.
16. Goldani, M., and Rezvanimoghaddam, P. 2004. Effects of different drought levels and planting date on yield and yield components of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 2005.
17. Jamil, F.F., Sarwar, M., Sarwar, N., Khan, J.A., Zaid, H.M., Yousaf, S., Imran H.M., and Haq, I. 2010. Genotyping with RAPD markers resolves pathotype diversity in the Ascochyta blight and Fusarium wilt pathogens of chickpea in Pakistan. Pakistan Journal Botany 42(2): 1369-1378.
18. Kaiser, W.J., and Okhovat, M. 1996. Distribution of *Didymella rabiei,* the telomorph of *Ascochyta rabiei* in IRAN. Plant Disease 32(3&4): 207. (In Persian with English Summary).
19. Kanouni, H., and Malhotra, R.S. 2003. Genetic variation and relationships between traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines under dryland conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 5(3): 185-193. (In Persian with English Summary).
20. Kayan, N., and Adak, M.S. 2012. Associations of some characters with grain yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Pakistan Journal Botany 44(1): 267-272.
21. Kiersten, A.W., Carl, A.B., Samuel, M., Julie, P., Javier, A.D., Rubella, S.G., and Neil, C.G. 2011. Sensitivity of *Ascochyta rabiei* populations to prothioconazole and thiabendazole. Crop Protection 3: 1000-1005.
22. Kimurto, P.K., Towetti, B.K., Mulwa, R.S., Njogui, N., Jeptanui, L., Gangarao, N.V.P.R., Silim, S., Kaloki, P. Korir, P., and Macharia, J.K. 2013. Evaluation of chickpea genotypes for resistance to Ascochyta blight (*Ascochyta rabiei*) disease in the dry highlands of Kenya. Phytopathologia Mediterranea 52(1): 212-221.
23. Kiprop, C.J. 2016. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for host plant resistance to Ascochyta blight (*Ascochyta rabiei*) in elgeyo-marakwet, uasin-gishu and baringo counties of Kenya. MSc. Thesis, Kenyatta University. 106 pp.
24. Labdi, M., Malhotra, R., Benzohra, I., and Imtiaz, M. 2013. Inheritance of resistance to *Ascochyta rabiei* in 15 chickpea germplasm accessions. Plant Breeding 132: 197-199.
25. Lobna Ben, M., Cherif, M., Harrabi, M., Galbraith R.F., and Strange, R.N. 2010. Effects of sowing date on severity of blight caused by *Ascochyta rabiei* and yield components of five chickpea cultivars grown under two climatic conditions in Tunisia. European Journal of Plant Pathology 126: 293-303.
26. Namvar, A., and Sharifi, R.S. 2011. Phenological and morphological response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to symbiotic and mineral nitrogen fertilization. Zemdirbysté-Agriculture 98: 121-130.
27. Ozdemir, S. 1996. Path coefficient analysis for yield and its components in chickpea. International Chickpea and Pigeonpea Newsletter 3: 9-21.

28. Pande, S., Sharma, M.P., Gaur, M., Basandrai, A.K., Kaur, L.K.S., Hooda, D., Basandrai, B.T., Kiran, S., Jain, K., and Rathore, A. 2013. Biplot analysis of genotype×environment interactions and identification of stable sources of resistance to Ascochyta blight in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Australasian Plant Pathology 42: 561-571.
29. Pande, S., Sharma, M., Gaur, P.M., Tripathi, S., Kaur, L., Basandrai, A., Khan, T., Gowda, C.L.L., and Siddique, K.H.M. 2011. Development of screening techniques and identification of new sources of resistance to Ascochyta blight disease of chickpea. Australasian Plant Pathology 40: 149-156.
30. Pande, S., Siddique, K.H.M., Kishore, G.K., Bayaa, B., Gaur, P.M., Gowda, C.L.L, Bretag, T.W., and Crouch, J.H. 2005. Ascochyta blight of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review of biology, pathogenicity, and disease management. Australian Journal of Agricultural Research 56: 317-332.
31. Peever, T.L., Salimath, S.S., Su, G., Kaiser, W.J., and Muehlbauer, F.J. 2004. Historical and contemporary multilocus population structure of *Ascochyta rabiei* (teleomorph: *Didymella rabiei*) in the Pacific Northwest of the United States. Molecular Ecology 13: 291-309.
32. Rezaeinia, M., Bihamta, M.R., Peyghambari, S.A., Abbsi, A.R., and Gharajedaghi, F. 2017. Genetic diversity and relationships between some agronomic traits of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under non-stress and terminal drought stress conditions. Iranian Journal of Pulses Research 8(1): 83-96. (In Persian with English Summary).
33. Salimi, A., Modarresi, M., Kanouni, H., and Jamali, F. 2017. Evaluation of the genetic diversity of resistance to Ascochyta blight and some of the most important traits related to chickpea yield under rainfed conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 48(2): 453-463. (In Persian with English Summary).
34. Shokouhifar, F., Bagheri, A.R., and Fallahati Rastegar, M. 2006. Identification of resistant chickpea lines against pathotypes causing Ascochyta blight disease in Iran. Iranian Journal of Biology 19: 29-42. (In Persian with English Summary).
35. Singh, K.B., and Reddy, M.V. 1993. Resistance to six races of *Ascochyta rabiei* in the world germ plasm collection of chickpea. Crop Science 33: 186-189.
36. Singh, K.B., Bejiga, G., and Malhotra, R.S. 1990. Associations of some characters with seed yield in chickpea collections. Euphytica 49(1): 83-88.
37. Vafaei, S.H., Rezaee S., Abbasi Moghadam, A., and Zamanizadeh, H.R. 2017. Screening of chickpea germ plasms for selection of resistant genotypes to Ascochyta blight. Plant Pests and Diseases 85(1): 97-109. (In Persian with English Summary).
38. Varshney, R.K., Song, C., Saxena, R.K., Azam, S., Yu, S., Sharpe, A.G., Cannon, S., Baek, J., Rosen, B.D., Tar'an, B., and Millan, T. 2013. Draft genome sequence of chickpea (*Cicer arietinum*) provides a resource for trait improvement. Nature Biotechnology 31(3): 240-246.
39. Yousefi, B., Kazemi Arbat, H., RahimZadeh Khoyi, F., and Moghadam, M. 1997. Study for some agronomic traits in chickpea cultivars under two irrigation regimes and path analysis of traits under study. Iranian Journal of Agricultural Sciences 28(4): 147-162. (In Persian with English Summary).
40. Yucel, D.O., Anlarsal, A.E., and Yucel, C. 2006. Genetic variability, correlation and path analysis of yield, and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 30: 183-188.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 171-186 (Research Article)

Relationships between some agronomic traits related to yield in Chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under Aschochyta blight stress conditions

Rahmatpour[1], M., Taliei[2*], F., Sabouri[3], H. & Kheirgu[4], M.

1. Graduated Student of Agricultural Biotechnology, Department of Crop Production, Gonbad Kavous University; mehregan2727@gmail.com
2. Assistant Professor, Department of Crop Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University
3. Associate Professor, Department of Crop Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University; hos.sabouri@gmail.com
4. Researcher, Department of Crop-Horticultural Sciences, Agricultural Research Center and Natural Resources of Golestan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization; mkheirgoo@gmail.com

Received: 10 November 2019
Accepted: 4 March 2020

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.84166

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum*) is an edible legume grown widely for its nutritious seed, which is rich in protein, minerals, vitamins, and dietary fiber and is the third most important food legume of the world after common bean and pea. Ascochyta blight, caused by *Ascochyta rabiei*, is one of the most important diseases of chickpea that limits its cultivation and production in most parts of the world, including Iran. The use of resistant cultivars is the most effective and economical strategy for management of Ascochyta blight. Therefore, identifying the genetic resources of resistance in chickpea germplasms against Ascochyta blight is very important in designing breeding programs. Furthermore genetic diversity in chickpea collection can be used in breeding program for selection of genotype with desirable agronomic traits. Studying relationships between agronomic traits under disease stress conditions would assist breeders to identify the effective traits and use proper selection intensity in their breeding programs.

Materials and Methods

In order to assess the resistance to Ascochyta blight, and the relationship of some yield related traits and relative resistance to Ascochyta blight disease, research was conducted with 77 advanced chickpea genotypes received from ICARDA in a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station of Gonbad-e-Kavous in 2017. Plants were inoculated by applying uniformly scattered infected chickpea debris after seedling emergence. The degree of susceptibility and resistance to disease of each line was determined using 1-9 rating scale and area under disease progress curve was also calculated. Various phonological and morphological traits including yield and yield components were measured.

Results and Discussion

According to the results of ANOVA, there was a significant difference among genotypes for all traits ($p < 0.01$) which revealed genetic variation among them. Genotype of 76 and 55 with an average of 118.67 and 14.81 kilograms grain per hectare had the highest and lowest yield, respectively. The results of phenotypic correlation under disease-stress condition showed that plant height had the highest correlation (-0.586, $p < 0.01$) with Ascochyta blight progress. AUDPC was also correlated to grain yield negatively. Genotypes 13, 27, 29, and 34 which belong to the most sensitive group to the disease, had the lowest grain yield and the resistant genotype of 34, had the highest grain yield. AUDPC had also negative correlation

[*]**Corresponding Author:** taliey.fa@gmail.com

($p < 0.01$) with plant height and height of the first pod from ground. There was a positive correlation at 1% probability level between AUDPC and days to 50% flowering and days to physiological maturity revealed that as the disease progresses, those two factors become longer. Genotypes 34 and 35 which had the longest days to physiological maturity were belonging to disease sensitive group. Stepwise regression analysis introduced AUDPC, number of two seed pods and plant height with 42% justify changes as the most effective traits. According to the results of stepwise regression, plant height had the highest effect on grain yield. The results of Path analysis showed that plant height had the most direct effect on grain yield (0.357) and the most indirect effect was related to AUDPC via plant height (-0.1151). Therefore, plant height can be used as a superior trait in indirect selection programs. Based on agronomic traits under disease stress conditions, cluster analysis set the genotypes into two groups using the square Euclidian distance and Ward method. The genotypes of first cluster, had the highest average in plant height, height of the first pod from ground, number of two seed pods, grain yield and 100-grain weight compared to the other one. The second group was earliness and had higher days to 50% flowering, days to physiological maturity and grain filling period. According to the results of cluster analysis for disease parameter based on the square Euclidian distance and Ward method, the genotypes classified in three clusters including tolerant, sensitive, and resistant where 25, 37, and 15 genotypes were placed in resistant, tolerant, and susceptible groups, respectively. The sensitive group had less grain yield than the others. Genotype 26 was highly susceptible and genotypes 6, 22, 43 and 65 were identified as highly resistant.

Conclusion

The findings of this study showed that management of Ascochyta blight is essential to provide increased and stable yields where conditions are suitable for the disease. According to the results, the studied chickpea germplasm, are valuable resources, in addition to possess new traits provide high diversity for breeders to improve the new varieties and can be employed as resistant sources in chickpea breeding programs to develop resistant cultivars to Ascochyta blight.

Keywords: Ascochyta blight, *Ascochyta rabiei*, Chickpea, Resistance, Yield